Cimática

El sonido visible

María de la Plaza Villarroya

Revista Digital de ACTA

2023

Publicación patrocinada por

CEDRO

ACTA representa en CEDRO los intereses de los autores científico-técnicos y académicos. Ser socio de ACTA es gratuito.

Solicite su adhesión en acta@acta.es

Introducción a Canva. Diseño de portadas de libros

© 2023, María de la Plaza Villarroya

© 2023,

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Se autorizan los enlaces a este artículo.

ACTA no se hace responsable de las opiniones personales reflejadas en este artículo.

INTRODUCCIÓN: SONIDO Y RESONANCIA

En una definición corta, se podría decir que la cimática es el sonido visible. Pero, tan solo con esto, parece que no queda del todo claro qué es verdaderamente la cimática o, al menos, no da una imagen clara, salvo que se esté familiarizado con el término. La cimática es el estudio del efecto que causan las ondas de sonido y su vibración sobre la materia, sea esta cual sea, y los patrones físicos que se producen de esta interacción.

Hemos descrito lo que es la cimática, pero, dado que se habla del sonido visible, se hace necesario introducir el concepto con una imagen representativa. En este caso, la materia que vibra es agua con luz reflejada sobre ella.

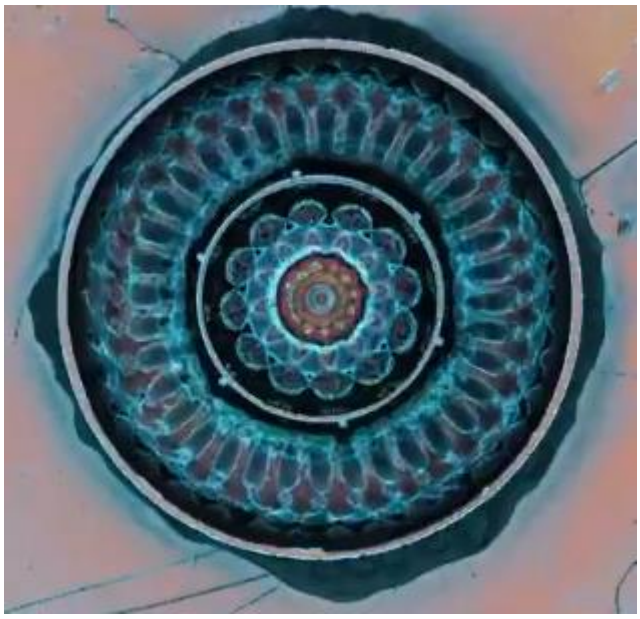

Figura 1. Agua vibrando sobre una plataforma con luz que refleja distintas tonalidades. Fuente: Journey.of.curiosity

Antes de entrar en mayor profundidad sobre la cimática, se hace necesario definir algunos conceptos: el sonido y la resonancia.

SONIDO

El sonido es un fenómeno físico que se origina al realizar un movimiento repetido (una vibración) de un cuerpo y que se propaga en un medio elástico. Un medio elástico no es otro que aquel que se comprime y se expande, aumentando y disminuyendo la presión que ejerce sobre todo lo que rodea. Por ejemplo, si alguien golpease un gong, haría que el metal del mismo vibrase, transmitiéndose dicha vibración a través del aire, donde puede llegar al oído de un oyente. Las vibraciones viajan a diferentes velocidades a través de diferentes medios (gases, líquidos o sólidos), pero nunca pueden viajar a través del vacío (es decir, en el vacío hay ausencia de sonido. Esto se debe a que no hay moléculas de aire que vibren y provoquen variaciones de presión).

Las vibraciones producen una serie de ondas sonoras que son de tipo longitudinal, esto es, que la oscilación se produce en la misma dirección de propagación de la onda; en contraposición con las ondas transversales, cuya oscilación se produce de forma perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

Estas ondas sonoras longitudinales, al llegar al oído humano, se transforman en ondas mecánicas. Esto ocurre cuando las ondas llegan al tímpano, una membrana elástica, que vibra a la misma frecuencia que la onda sonora que ha llegado e inicia la transmisión de esta vibración desde el oído externo al oído medio (a través de los huesecillos: martillo, yunque y estribo; cuya función es amplificar el sonido). Una vez ahí, las ondas llegan a la ventana oval, que consiste en una membrana que recubre la entrada al oído interno o cóclea. La cóclea está llena de líquido que, al moverse, pone en movimiento las células ciliadas que son terminaciones nerviosas. Estas células son las responsables de transformar las ondas mecánicas en impulsos eléctricos que son transferidos al nervio auditivo y, de ahí, llegan a la corteza cerebral donde son interpretadas como sonido.

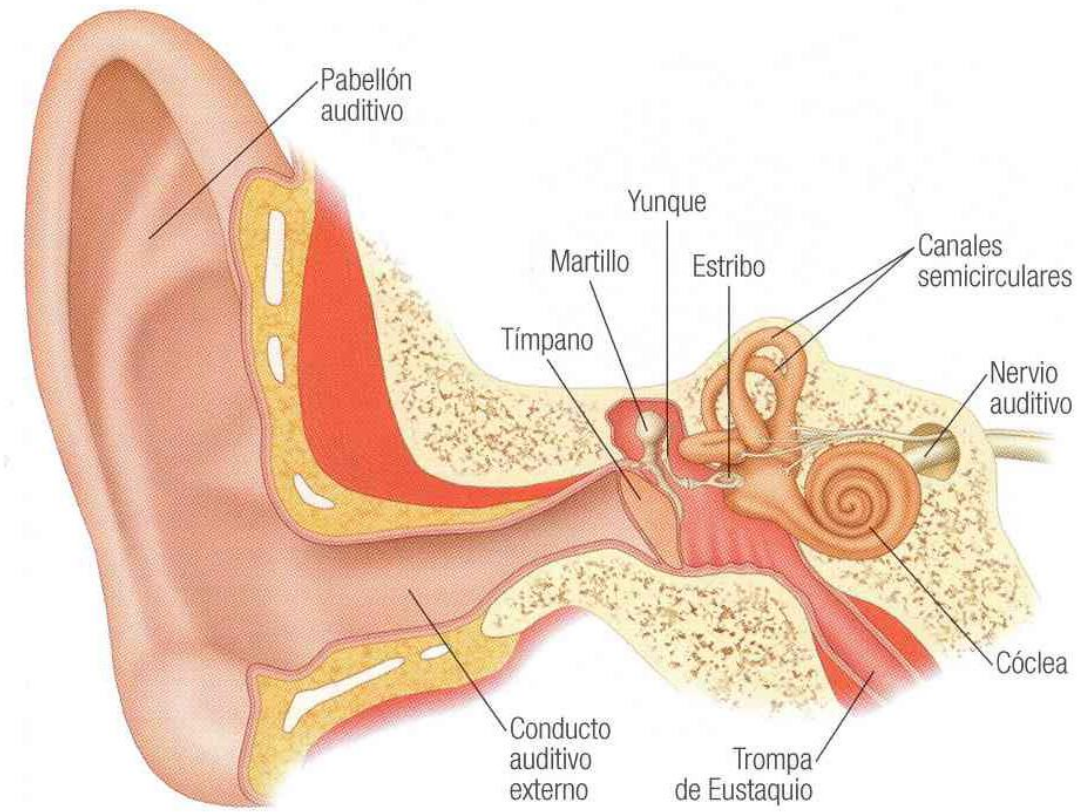

Figura 2. Esquema del oído. Fuente: https://www.audiotek.es/partes-del-oido/

Todo este proceso implica movimiento, una transferencia de las ondas desde un emisor a través de un canal hasta un receptor y, aquí, a través del canal auditivo, por las distintas partes del oído hasta nuestro cerebro. Sin embargo, no se trata de un movimiento visible al ojo humano. Esto se debe a dos motivos que caracterizan las ondas sonoras: en primer lugar, las amplitudes de las vibraciones sonoras son, en general, muy pequeñas. En segundo lugar, se debe a que las vibraciones sonoras son muy rápidas. Para ilustrar esto, se hace necesario revisar los elementos que componen una onda:

© María de la Plaza Villarroya

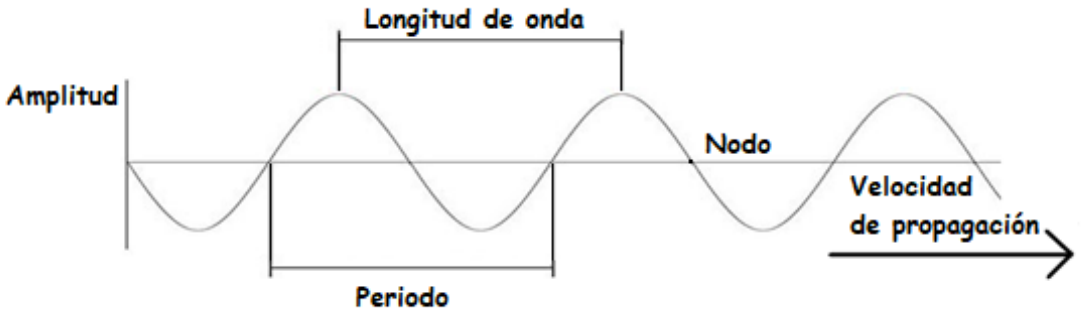

Figura 3. Elementos de una onda. Fuente: elaboración propia

- Frecuencia (f): la frecuencia es el número de oscilaciones por segundo. Su unidad de medida son los ciclos por segundo o Hertzios (Hz). Con la frecuencia, en las ondas sonoras, se define el denominado espectro audible que va (para una persona con un oído sano) entre los 20 Hz y los 20.000 Hz. Todo lo que queda por debajo o por encima no es audible por una persona:

    - Infrasonidos: todo lo que queda por debajo de los 20 Hz: serían sonidos muy graves imperceptibles por el ser humano, pero si por ciertos animales como ballenas, elefantes o hipopótamos
    - Ultrasonidos: todo lo que queda por encima de los 20.000 Hz: serían sonidos muy agudos que, en este caso, serían captados por animales como los delfines o murciélagos.

  En cuanto al espectro audible, este se clasifica en diferentes rangos de tonos. A mayor frecuencia (más ondas por segundo) mayor será el tono de ese sonido, es decir a mayor frecuencia más agudo el sonido y viceversa. En general, los sonidos graves tienen una frecuencia menor de 250 Hz, mientras que los sonidos agudos tienen una frecuencia mayor a 1.000-2.000 Hz y la diferencia gráfica de las ondas entre sonidos agudos o graves vendría representada en las siguientes gráficas:

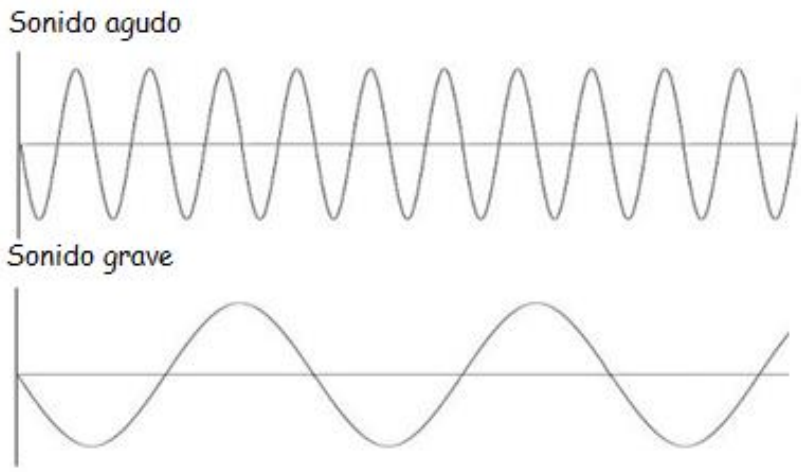

Figura 4. Comparación onda sonido grave o agudo. Fuente: elaboración propia

- Periodo (T): es el tiempo que tarda la onda en realizar un ciclo completo. Es el inverso de la frecuencia y se mide en segundos (s): Frecuencia = 1/ Periodo.
- Longitud de onda (λ): indica el tamaño de la misma y es la distancia entre dos puntos equivalentes consecutivos de la onda. En las ondas transversales la longitud de onda corresponde a la distancia entre dos montes o valles, y en las ondas longitudinales a la distancia entre dos compresiones contiguas. Su unidad de medida es el metro (m).
- Velocidad de propagación: es la relación entre el espacio recorrido por una longitud de onda y el tiempo empleado para recorrerlo: $v=\lambda \cdot f$ o lo que es lo mismo $v=\lambda/T$. Su unidad es los metros por segundo (m/s). La velocidad a la que viaja el sonido depende de la densidad del medio a través del cual viaja. Viaja más rápidamente a través de medios más densos y, por lo tanto, es más rápido en sólidos que en líquidos y más rápido en líquidos que en gases. En el caso del aire, esta velocidad varía con la presión y la temperatura:
- Amplitud: la amplitud de la onda se observa midiendo, en el eje de ordenadas, la distancia máxima el punto medio (0) de una onda y el punto más alejado del mismo. A mayor amplitud existe una mayor presión y potencia acústica. Si se ejerce una mayor presión al tocar la cuerda de un arpa implica que habrá una amplitud mayor y, como consecuencia, el sonido percibido por el oído será más fuerte.
- Nodo: el nodo consiste en el punto de equilibrio en el cual la amplitud es cero y se anula el valor de la onda.
- Fase: consiste en la posición en la que empieza una onda dentro de un ciclo. La diferencia de fase entre dos ondas se mide en ángulos (segundos, minutos, grados) siendo un ciclo completo de una onda sonora de 360 grados. Cuando dos ondas comienzan al mismo tiempo, se dice que están en fase o alineadas en fase. Cuando una onda se encuentra ligeramente retrasada en comparación con otra onda, se dice que las ondas están desfasadas. En el caso de las ondas sonoras, cuando existen dos sonidos idénticos pero desfasados 180 grados, estos pueden llegar a cancelarse entre sí produciendo un silencio cuando las mismas frecuencias se cruzan al mismo nivel:
-

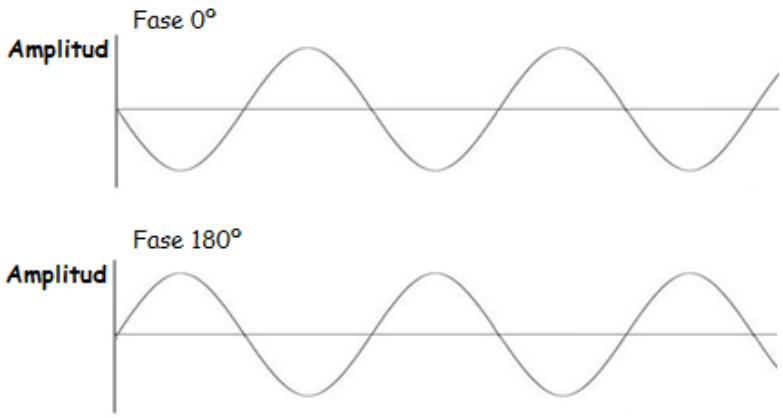

Figura 5. Cancelación de fase. Fuente: elaboración propia

Esto ocurriría en la teoría, pero en la práctica es muy complicado que ocurra dicha cancelación total. Los problemas de fase suelen darse con mayor frecuencia cuando se trabaja en tonos graves, cuya frecuencia es menor. Esto se debe a que el tiempo que tarda la onda en recorrer un ciclo es mayor y, por tanto, hay una mayor probabilidad de que coincidan en desfase. A la interferencia de dos ondas sonoras se la denomina, en puntos donde no llega ningún sonido, interferencia destructiva, y en puntos donde la amplitud es mayor, interferencia constructiva.

© María de la Plaza Villarroya

RESONANCIA

Visto que el sonido es una onda longitudinal que se propaga en un medio por compresión y expansión de las moléculas, se hace necesario pasar a revisar otro concepto que también aplica en cimática: la resonancia. La resonancia consiste en un fenómeno físico que provoca un incremento de amplitud de la onda cuando una fuerza se aplica a un cuerpo, haciéndolo vibrar a una frecuencia que es igual o cercana a la frecuencia natural del sistema o cuerpo. La frecuencia natural de un objeto es la frecuencia a la que oscila durante una vibración libre; es decir, cuando no hay fuerzas externas que afecten a su movimiento y, por tanto, no hay transferencia de energía entre el objeto y su entorno.

La frecuencia de resonancia es aquella que provoca que un cuerpo alcance su grado máximo de oscilación. Esta frecuencia de resonancia crea las denominadas ondas estacionarias que se forman a partir de la interferencia de dos ondas de la misma naturaleza con igual amplitud, longitud de onda y frecuencia que avanzan en sentido opuesto a través de un medio. Estas ondas estacionarias permanecen confinadas en un espacio (por ejemplo, una cuerda, un tubo con aire, una membrana, etcétera.). La amplitud de la onda para cada punto depende de su posición, la frecuencia es la misma para todos y coincide con la de las ondas que interfieren. Dicha onda tiene puntos que no vibran (nodos), que permanecen inmóviles, estacionarios, mientras que otros (vientres o antinodos) lo hacen con una amplitud de vibración máxima, igual a la suma de la de las ondas que interfieren, y con una energía máxima. El nombre de onda estacionaria proviene de la aparente inmovilidad de los nodos. La distancia que separa dos nodos o dos antinodos consecutivos es media longitud de onda. (Figura 6).

Dentro de la gama de todos los materiales existentes, hay algunos que potencian la frecuencia de resonancia del sonido en mayor medida. En el caso de una cuerda, por ejemplo, si se toca la cuerda de un banjo se producirá una onda y las superposiciones de esa onda formarán una onda estacionaria en la cuerda de una determinada frecuencia (que determinará que el sonido sea más grave o más agudo). Las cuerdas por sí mismas solo emitirían un sonido apenas perceptible, pues provocan una escasa vibración en las moléculas del medio por el que se propaga (el aire). Sin embargo, las vibraciones de la cuerda se transmiten a todo el cuerpo del banjo a través del puente situado en el extremo de las cuerdas. Dicho puente está diseñado para tener las mismas frecuencias de resonancia que las frecuencias de las ondas de las cuerdas. Por lo tanto, cuando se toca una de las cuerdas, se transmite la vibración a todo el instrumento, amplificándose gracias a la resonancia y haciendo que las moléculas de aire cercanas vibran de forma suficiente para que el sonido sea mayor.

En el ejemplo de un tubo, las frecuencias de resonancia serán aquellas en las que coincide justo una longitud de onda con las dimensiones físicas del tubo y entonces se amplifica la onda resultante. La más baja se denomina frecuencia fundamental. Las frecuencias de resonancia que son múltiplos integrales de la fundamental se denominan colectivamente armónicos. La fundamental es el primer armónico, el segundo armónico es el doble de la frecuencia del primer armónico y así sucesivamente.

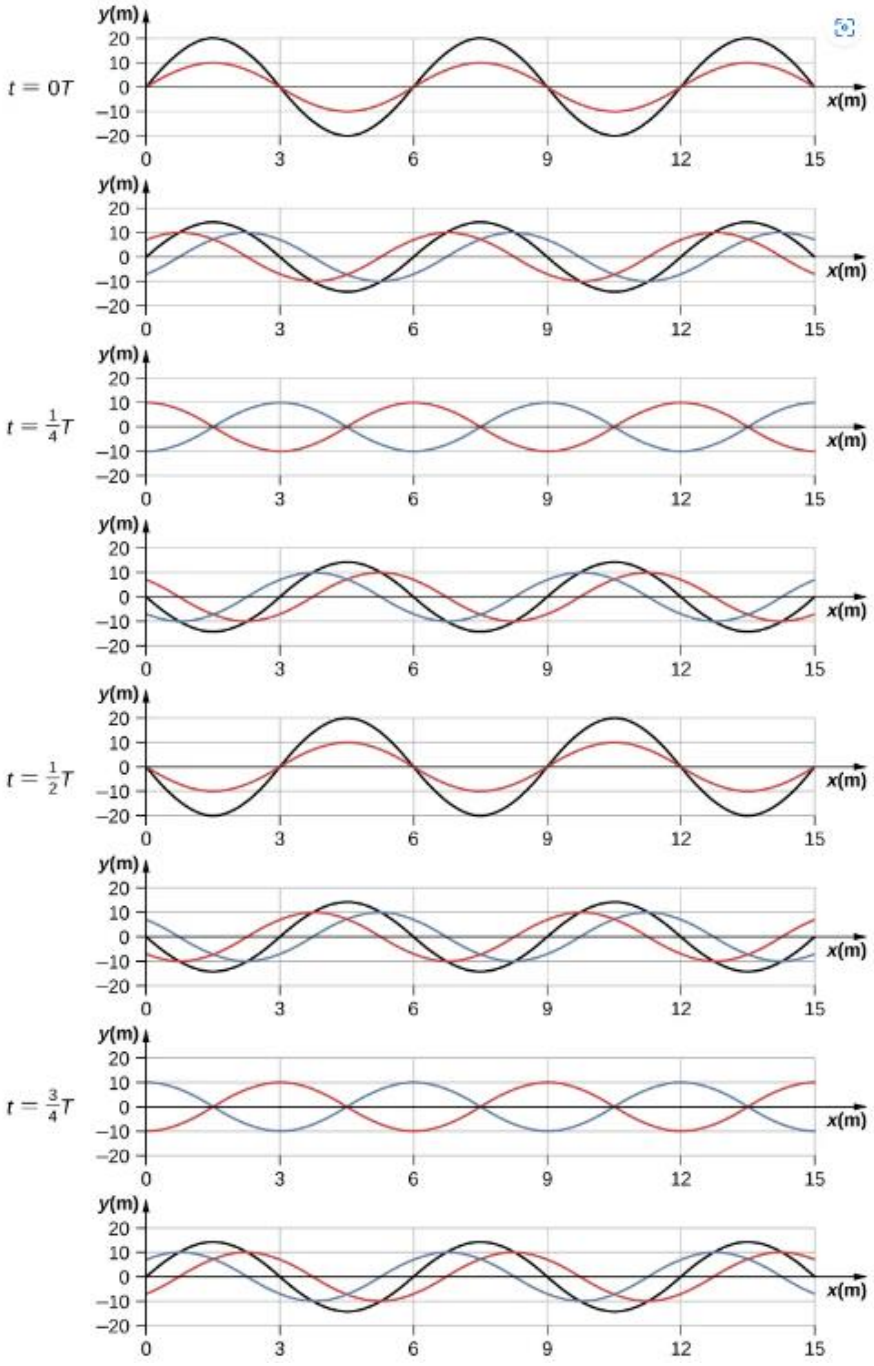

Figura 6. Diferentes momentos de vibración de onda estacionaria. La onda roja se mueve en la dirección −xy la azul en la dirección +x. La onda resultante se muestra en negro. Los puntos de la onda estacionaria en los que x=0m,3m,6m,9m,12m,15m serían los nodos. Entre cada dos nodos hay un antinodo, un lugar donde el medio oscila con una amplitud igual a la suma de las amplitudes de las ondas individuales. Fuente: OpenStax

CIMÁTICA Y EXPERIMENTO

Una vez establecidos una serie de conceptos físicos necesarios, se puede entrar de lleno en la cimática. Para realizar el estudio del efecto que causan las ondas de sonido y su vibración sobre la materia que genera un patrón visual, de forma muy elemental, se debe disponer de una sustancia colocada sobre una placa y, esta placa, estar conectado con un generador de onda (o un altavoz conectado a un programa de ordenador que emule un generador de onda si no se dispone del

© María de la Plaza Villarroya

mismo) que cree una vibración. En un primer momento, la sustancia se distribuirá de forma uniforme y quedará inerte, sin movimiento, ante la ausencia de sonido. Sin embargo, una vez comience a transmitirse el sonido a la placa la sustancia sobre la misma comenzará a moverse motivada por la vibración del generador de onda.

Un ejemplo podría ser el caso en el que la vibración de un altavoz va a hacer vibrar una plancha cuadrada con arena distribuida de manera uniforme en su interior. Una vez se enciende el altavoz y comienza a generarse una vibración a una determinada frecuencia, la arena vibrará hacia los puntos de la plancha que no vibren, formando los nodos y antinodos que se mencionaban en el apartado de Resonancia:

Figura 7. 3 placas de Chladni vibrando a distintas frecuencias creando nodos y antinodos. Fuente www.3bscientific.com/

Como se puede observar en la figura superior, a mayor frecuencia, mayor complejidad del patrón resultante de cimática. Podría parecer que, a misma vibración o frecuencia, mismo patrón resultante. Sin embargo, la cimática implica la interacción entre el sonido y la materia, por lo que se ven involucrados múltiples factores en el resultado final: la forma y tamaño de superficie de contacto en la que se formarán las figuras correspondientes (la plancha), así como el material que va a disponerse sobre ella para vibrar: ya sea gas, material en polvo, fuego, líquidos con diferentes densidades o viscosidades…incluso, dicho material puede intervenirse siendo iluminado con diferentes tonalidades. Cambiando cualquier elemento cambiará la dinámica del medio y, por tanto, el resultado.

De igual manera, si es cierto que la forma de los patrones nodales está predeterminada por la forma del cuerpo establecido en vibración o, en el caso de ondas acústicas en un gas, la forma de la cavidad en la que está contenido el gas. El polvo se mueve debido a la vibración y se acumula progresivamente en puntos de la superficie correspondientes a la vibración del sonido. Los puntos forman un patrón de líneas que está determinado y siempre será el mismo para un mismo sonido y una superficie con características mecánicas homogéneas (en función de la forma geométrica de la superficie y sus límites). A continuación, una demostración de cómo variando la frecuencia cambian los patrones dibujados en la placa:

https://youtu.be/1yaqUI4b974

Video 1. Aumento de frecuencia y complejidad de los patrones

Además de polvo, otra opción para crear cimática es el agua: se trata de un gran material gracias a su gran capacidad y sensibilidad de captar resonancias elevadas y a su disposición interna usada para resonar. El agua responde de manera instantánea ante los diversos tipos de ondas acústicas que existen, por lo que capta y retiene la vibración ejercida en él.

CIMÁTICA EN CASA

¿Se puede hacer cimática con los elementos disponibles en una casa? Por supuesto que sí. Partiendo de la teoría, debemos buscar construir algo que siga un esquema similar:

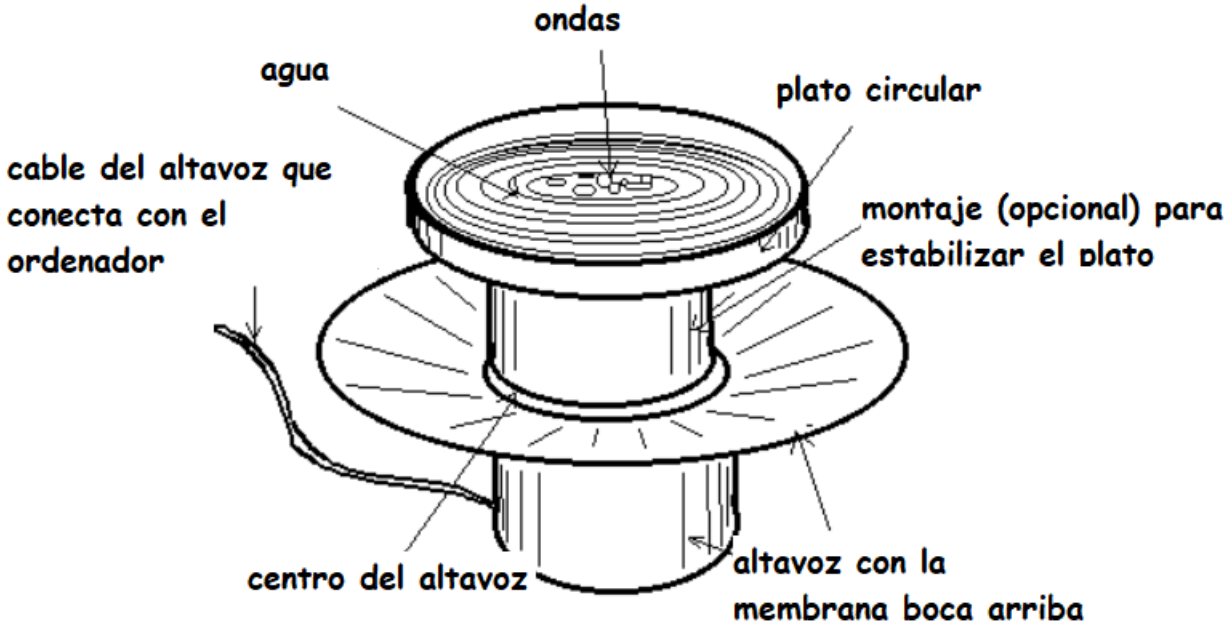

Figura 8. Montaje experimental. Fuente journey.of.curiosity adaptada

Para ello serán necesarios:

- Altavoz y algo para cubrirlo (por ejemplo, film de cocina)
- Generador de ondas o bien un ordenador al que conectar el altavoz y una página web que genere tonos (por ejemplo http://www.szynalski.com/tone-generator/)
- Diferentes superficies para colocar encima del altavoz (platos, láminas de plástico, láminas de metal o cristal…: cualquier placa genérica que permanezca estable encima del altavoz)
- Partículas finas: arena, harina, sal, pimienta…

Una vez montada la placa sobre el altavoz cubierto con film se esparcirán las partículas elegidas de forma uniforme por la placa. Una vez hecho esto, se pueden generar los tonos deseados y observar cómo van modificándose los patrones que forman las partículas sobre la placa en función de la frecuencia elegida.

Otra opción, en vez de usar partículas finas, sería realizar este experimento con agua. En este caso, varían algunos elementos:

- Altavoz y algo para cubrirlo (por ejemplo, film de cocina)
- Generador de ondas o bien un ordenador al que conectar el altavoz y una página web que genere tonos (por ejemplo http://www.szynalski.com/tone-generator/)

© María de la Plaza Villarroya

- Un recipiente redondo de vidrio que permita que el agua no se caiga
- Agua destilada
- Colorante
- Luces.

Se colocará el altavoz con la parte de la membrana hacia arriba. Posteriormente, se coloca el recipiente justo encima y se verter el agua destilada con colorante en el recipiente de vidrio. Es muy importante que esté todo bien nivelado. Las luces iluminarán el agua en el recipiente y permitirán ver las diferentes formas y figuras.

HISTORIA DE LA CIMÁTICA

Cualquiera podría pensar que los descubrimientos en cimática son relativamente nuevos, pero, como todo descubrimiento científico, no se hubiera llegado a lo que tenemos hoy en día sin unos precursores. Toda contribución, por pequeña que sea, suma en el resultado final. Hace más de 500 años, Leonardo Da Vinci ya reflejaba en sus cuadernos anotaciones de sus observaciones de una tabla que, al ser golpeada, genera una serie de patrones en el polvo que se hallaba sobre la misma: «el polvo sobre ella se concentra en diversas formas de colinas y pequeñas montañas…». Galileo Galilei, por su parte, en 1632 fue uno de los primeros en estudiar que los patrones producidos por las vibraciones de los cuerpos en los que pueden aparecer imágenes regulares, dejándolo registrado en su «Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo».

Otro de los precursores cuyos estudios han contribuido a la cimática es el científico inglés Robert Hooke, que contribuyó a muchos campos científicos, incluidos la óptica, los gases, la mecánica, la física y la astronomía. El 8 de julio de 1680 Hooke pudo ver los patrones de nodos y antinodos (o patrones nodales) que se formaban en unas placas de vidrio al vibrar. Podríamos decir que fue el primero que, verdaderamente, hizo el sonido visible: para ello extendió harina en un plato de vidrio y pasó un arco de violín por el borde del mismo repetidas veces. Al hacerlo se percató de que la harina iba configurando una serie de formas y se iba reorientando, en función de cómo se inclinaba dicho plato.

Sin embargo, fue el músico y físico alemán Ernst Chladni, en el siglo XVIII, quién profundizó verdaderamente en el asunto. Considerado uno de los padres de la acústica por sus trabajos sobre vibraciones y el cálculo de la velocidad del sonido para diferentes gases, repite el experimento de Hooke y lo analiza de forma sistemática, dejándolo publicado en su libro «Entdeckungen über die Theorie des Klanges» (Descubrimientos en La teoría del sonido). Para su experimento fijaba la placa mediante un eje central, esparciendo polvo fino sobre su superficie y haciéndolo vibrar mediante un arco de violín. De esta forma, las ondas generadas quedaban confinadas en la placa formando ondas estacionarias entre ellas que se observaban mediante el desplazamiento del polvo colocado encima y, por ende, observando nodos (vibración nula) y antinodos (amplitud máxima de vibración). Al modificar la frecuencia se observan diferentes modos de vibración y, por ende, los patrones que se dibujan en el polvo sobre la placa van cambiando conforme se modifica la frecuencia del sonido. Estos patrones son conocidos como figuras de Chladni

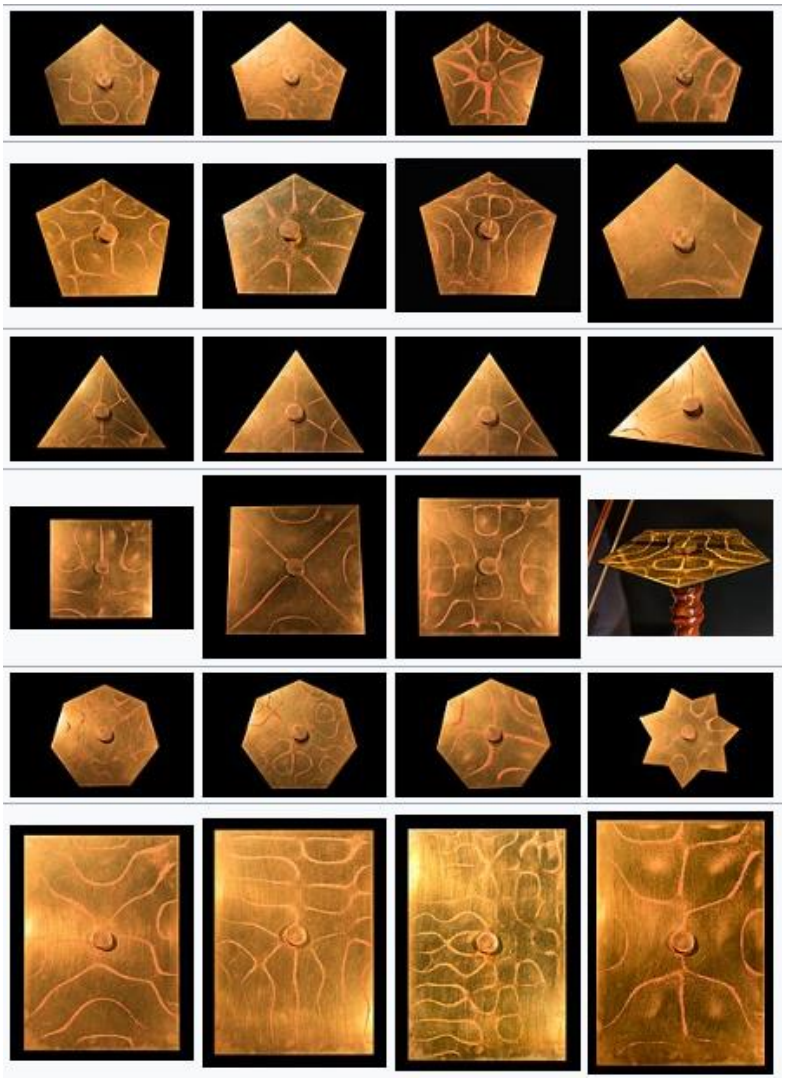

Figura 9. Figuras de Chladni. Fuente: wikipedia

Hecho reseñable es la demostración que hizo Chladni en febrero de 1809 a Napoleón Bonaparte de su experimento, quién exclamó «¡El sonido puede verse!». El líder francés quedó tan impresionado que patrocinó un concurso con la Academia de Ciencias de Francia en busca de una explicación matemática de lo que había visto con Chladni. Sophie Germain (1776–1831), una joven francesa, ganó el premio de 3000 francos de Napoleón con «Mémoire sur les Vibrations des Surfaces Élastiques» (memoria de las vibraciones en las superficies elásticas). Esto le permitió convertirse en la primera mujer que asistió a las sesiones de la Academia Francesa de las Ciencias (aparte de las esposas de los miembros) y le dio el impulso para hacer grandes descubrimientos en los campos de las matemáticas, la acústica y la elasticidad.

A partir de los experimentos de Chladni, otras eminencias han ido desarrollando diferentes estudios y avances en cimática, como el inglés Michael Faraday (en torno a 1830) y sus estudios de la vibración en agua, petróleo y granos, que publicó un artículo en el que se describen las formas nodales que aparecen en sólidos granulares (polvo, harina…) cuando son sometidos a una vibración, denominándolos «crispaciones». Sin embargo, pese a su fascinación por el tema, al no encontrarle una aplicación práctica, Faraday se trasladó hacia otras áreas de estudio en las que destacó, como el electromagnetismo.

En 1885, la galesa Margaret Watts Hughes, cantante, compositora y científica se convirtió en una de las primeras mujeres en presentar una invención en la Royal Society de Londres, en 1887,

cuando dio a conocer su eidófono. El eidófono consiste en un pequeño instrumento capaz de permitir visualizar la voz humana. Se compone de una membrana elástica, como una fina lámina de goma flexible tensada sobre la apertura de un receptor de cualquier forma. La voz entra en el receptor a través de un tubo de boca ancha. Sobre dicha membrana se extienden polvos o líquidos y, al cantar sobre él se producían patrones geométricos a partir de la resonancia de la voz humana, creando curiosas imágenes de plantas y agua fluyendo, denominadas por su inventora «figuras-voz».

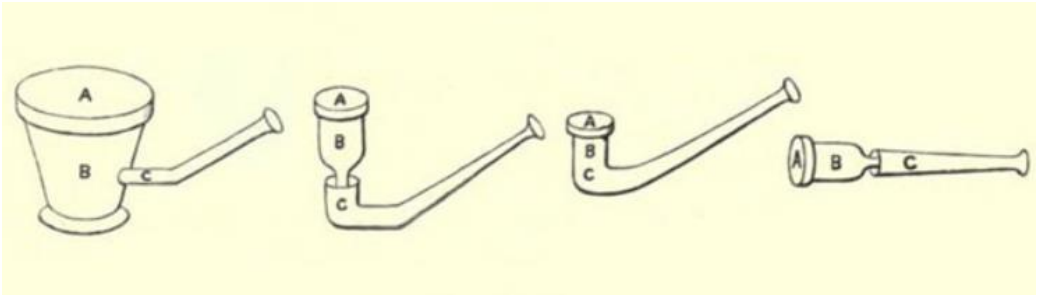

Figura 10. Eidofono. Fuente: http://www.makimono.es/sonido-visible-figuras-voz-margaret-watts-hughes/

Figura 11. Margaret Watts Hughes con su Eidofono.
Fuente: LEGENDE PIONIRKE AVDIO-VIZUALIJ | Čipke (wordpress.com)

A continuación, se muestran un par de ejemplos de las figuras creadas con el eidófono, extraídas del artículo «Visible Sound: Voice-Figures», publicado en la *Century Magazine* 42, 37 (1891).

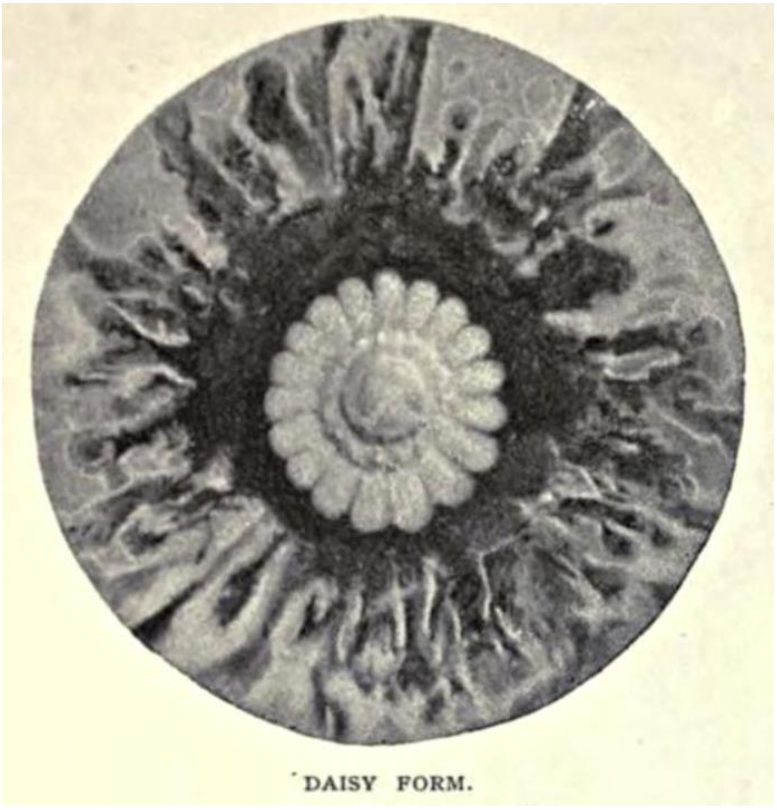

Figura 12. Forma de margarita. Fuente:http://www.makimono.es/sonido-visible-figuras-voz-margaret-watts-hughes/

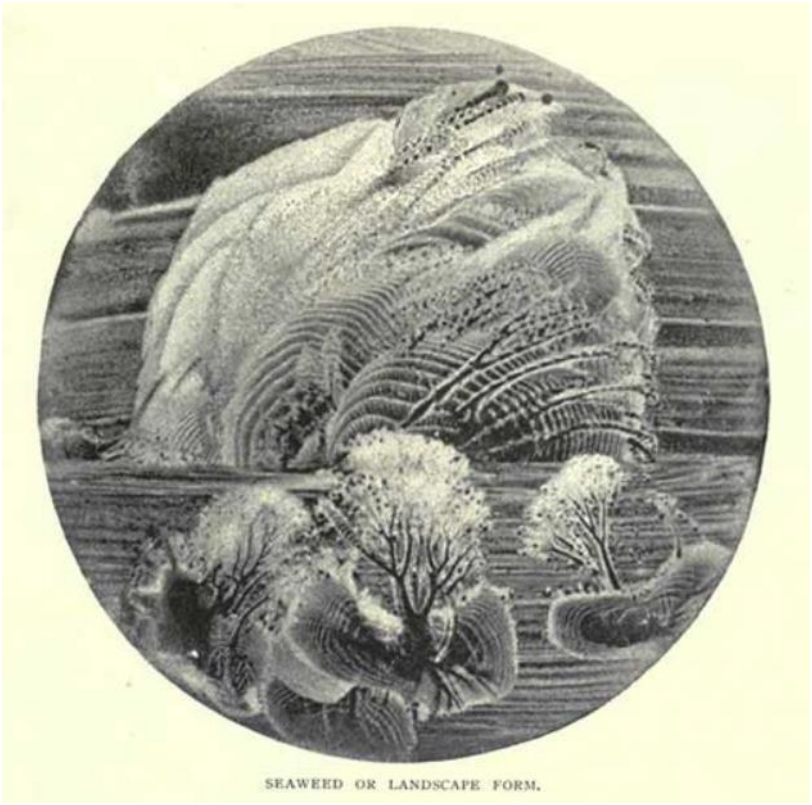

Figura 13. Forma paisaje de algas marinas.
Fuente:http://www.makimono.es/sonido-visible-figuras-voz-margaret-watts-hughes/

© María de la Plaza Villarroya

Otra importante investigadora en cimática que cabe destacar es Mary Desiree Waller quién, a mediados del siglo XX, quien también se inspiró en los modelos de Chladni pero, al contrario que Margaret, centró su estudio en la simetría y la exactitud, que dio lugar al libro publicado póstumamente «Figuras de Chladni: un estudio de simetría».

Finalmente, cabe destacar al médico y científico natural suizo Hans Jenny que fue quién acuño el término cimática para el estudio de los fenómenos modales (que es como se denominaba hasta entonces) a los efectos visibles del sonido y la vibración sobre la materia. El término Kymatiks (en alemán), fue adaptada de la palabra griega para la onda, Kyma, κῦμα, en la década de 1960.

Jenny construyó un dispositivo similar al Eidofono de Margaret Watts Hughes, que denominó tonoscopio. Su objetivo era transformar la voz humana en figuras de sonido visuales. Pero no se quedó ahí. Posteriormente, conectó un generador de frecuencias y un amplificador de sonido, así como placas de acero, polvo de licopodio (un polvo ideal para los experimentos de cimática por ser fino, esférico y muy sensible a la vibración), así como diferentes pastas y líquidos de mayor densidad.

Figura 14. Jenny con su tonoscopio. Fuente: https://cymascope.com/

Es reseñable indicar que Jenny se asoció con el sistema de enseñanza «Escuela Waldorf», que se especializó en la educación de los niños con impedimentos físicos. Así, pudo ayudar a enseñar a niños sordos a hablar gracias a su tonoscopio. Aunque un niño sordo podría no ser capaz de oír la diferencia entre un bien pronunciado «oh» gutural, y un mal articulado «uhh», utilizando el tonoscopio podían ver la diferencia.

Otro experimento a destacar fue el uso de una vocalización en el antiguo sánscrito de Om (considerado por los hindúes y budistas como el sonido de la creación): el polvo de licopodio distribuido sobre la placa formando un círculo con un punto central, una de las formas en la que el Om había sido representado. También pudo producir una variedad de estructuras similares a las encontradas en el mundo natural, lo que lo llevó a teorizar que la evolución biológica no es más que la forma en la que las ondas interactúan con nuestras. Es decir, que todos los patrones que existen

en la naturaleza no son más que las relaciones entre ondas sonoras y que lo que vemos, es la materialización de la «música» del universo (Teoría armónica).

Todos los patrones resultantes de los estudios de Jenny fueron documentados en películas y libros que recogen sus más de 14 años de investigación, destacando los dos volúmenes Cimática I y II (1967,1974).

Finalmente, se hace necesario mencionar al británico John Stuart Reid: con una ingeniería en acústica, llevó a cabo una investigación cimática en la Gran Pirámide de Egipto en 1997, diseñada para estudiar el comportamiento resonante del sarcófago de granito y la acústica de la Cámara del Rey. Reid publicó los hallazgos de su investigación en Egyptian Sonics 26, que documenta este estudio, incluidos patrones similares a jeroglíficos que surgieron en la arena en una membrana extendida sobre la parte superior abierta del sarcófago. Su trabajo en la Gran Pirámide lo inspiró a desarrollar CymaScope, un instrumento que hace visible el sonido al imprimir las vibraciones del sonido en el agua. La misión de Reid es educar e inspirar a otros para continuar con los estudios y aplicaciones que tiene la cimática.

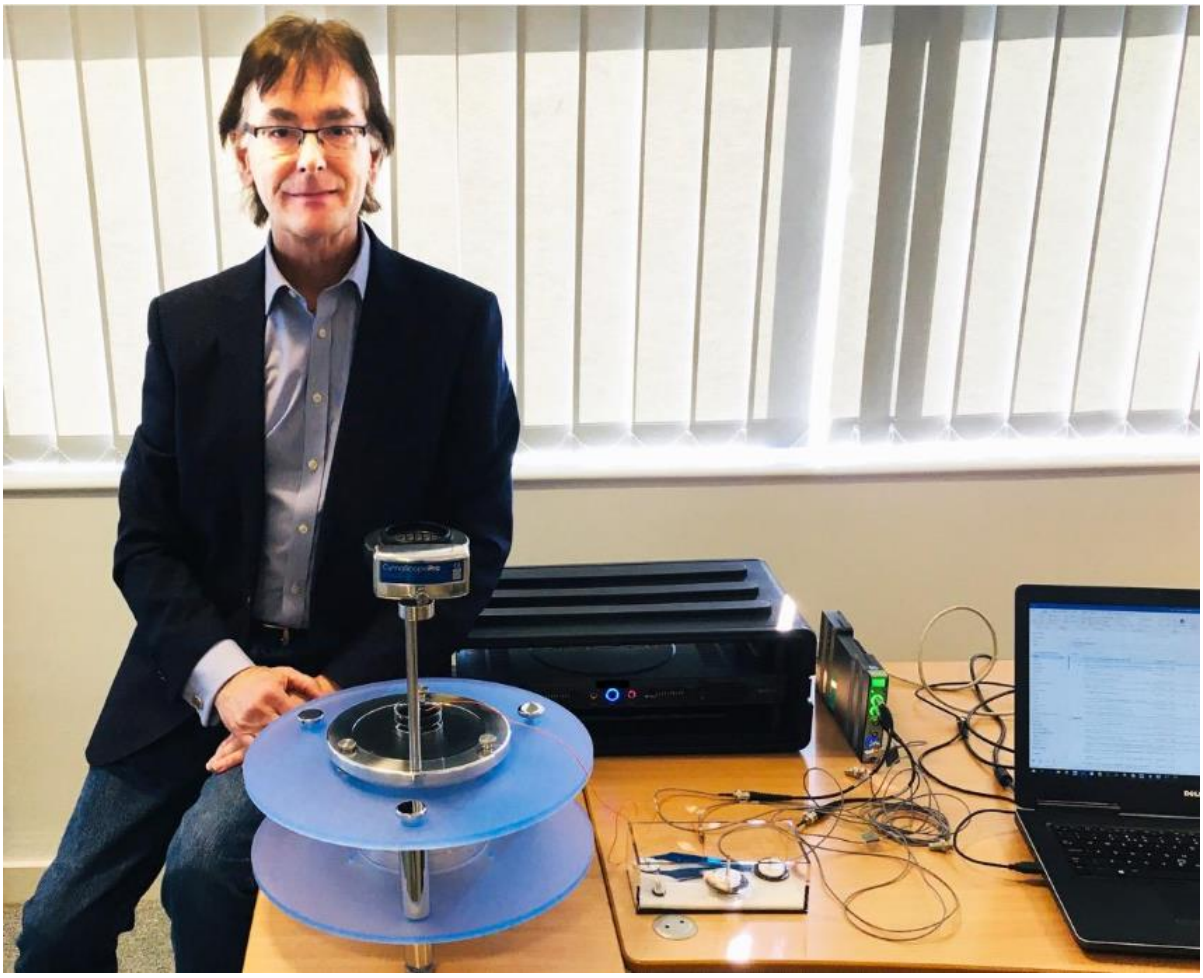

Figura 15. Reid con su Cymascope.
Fuente: https://sonidosdeaquario.com/cimatica-una-introduccion-a-la-geometria-del-sonido/

© María de la Plaza Villarroya

APLICACIONES PRÁCTICAS

La cimática se puede aplicar a una amplia gama de ramas, tanto científicas como artísticas. Pese a que los primeros pasos los diera Da Vinci hace 500 años, sigue siendo un campo nuevo, en el que aún no se han explorado todas sus posibles aplicaciones.

Así, uno de los campos en los que hay más recorrido, no solo en investigación, sino en aplicación, sería la medicina. Ya Pitágoras de Samos, hace 2500 años barajó la idea de que el sonido (en forma de música) se puede dar como una terapia de apoyo a la enfermedad. Como se observó en el apartado de Historia de la Cimática, Jenny vio las posibilidades de su invento, el tonoscopio, para ayudar a aprender a hablar a niños sordos. Y, aunque Jenny nunca llegó a explorar las repercusiones que pudieran tener sus hallazgos en el ámbito de la medicina, creía que la curación del cuerpo pasaba por comprender cómo podían influir las diferentes frecuencias en los genes, células y demás estructuras corporales. Lo que planteaba era que podríamos utilizar la vibración sonora para potenciar y acelerar procesos de sanación en nuestro organismo. Hoy en día se utiliza la aplicación de tonos de frecuencias audibles generados por equipos biomédicos para tratar lesiones en las articulaciones y músculos, fracturas de huesos e incluís la artritis, por lo que, ¿pudiera la cimática utilizarse con fines terapéuticos?

El osteópata inglés Peter Guy Manners consideraba que cada órgano y tejido del cuerpo posee su propia frecuencia vibratoria, que se altera en caso de enfermedad. De ser así, bastaría con aplicar la frecuencia resonante en cada caso para devolver la salud a un paciente enfermo. Manners, en 1960, desarrolló un dispositivo de terapia cimática que demostró ser eficaz para el tratamiento de una amplia gama de dolencias.

Por otro lado, los aborígenes de Australia utilizaron su «yidaki» (instrumento musical) como una herramienta de curación durante miles de años y una tradición sostiene que su sonido primordial creó el mundo y todo lo que hay en él. Las historias transmitidas a través de muchas generaciones de su cultura hablan de la curación de huesos rotos, desgarros musculares y muchos tipos de enfermedades utilizando su enigmático instrumento musical. Hasta donde sabemos, no se han realizado estudios médicos en los que se haya probado el poder curativo del yidaki, aunque su salida acústica está alineada con algunos dispositivos modernos de terapia de sonido audible, particularmente en su emisión de sonidos de baja frecuencia, por lo que no es sorprendente que tenga propiedades curativas.

En cuanto a medicina que se esté utilizando actualmente con sonido tendríamos la musicoterapia y la medicina musical, que buscan aplicar intervenciones musicales buscando objetivos individuales, así como la terapia de sonido. Esta última consiste en la aplicación de sonido audible en todo el cuerpo o en una parte específica, a partir de fuentes de sonido generadas electrónicamente o de fuentes musicales, como apoyo terapéutico, por parte de un profesional acreditado en terapia de sonido. Las investigaciones en esta rama continúan desarrollándose a día de hoy, pero aún no puede afirmarse que la cimática se pueda aplicar directamente a una terapia establecida y probada.

Otros campos en los que la cimática podría ser de aplicación es en la biología. En el mundo animal, por ejemplo, hay experimentos con cimática que traducen los sonidos de los delfines a figuras determinadas, en una búsqueda de dar con los patrones que utilizan para comunicarse. En el mundo vegetal se puede observar en la siguiente imagen como parece existir cierta conexión entre patrones cimáticos y los patrones florales:

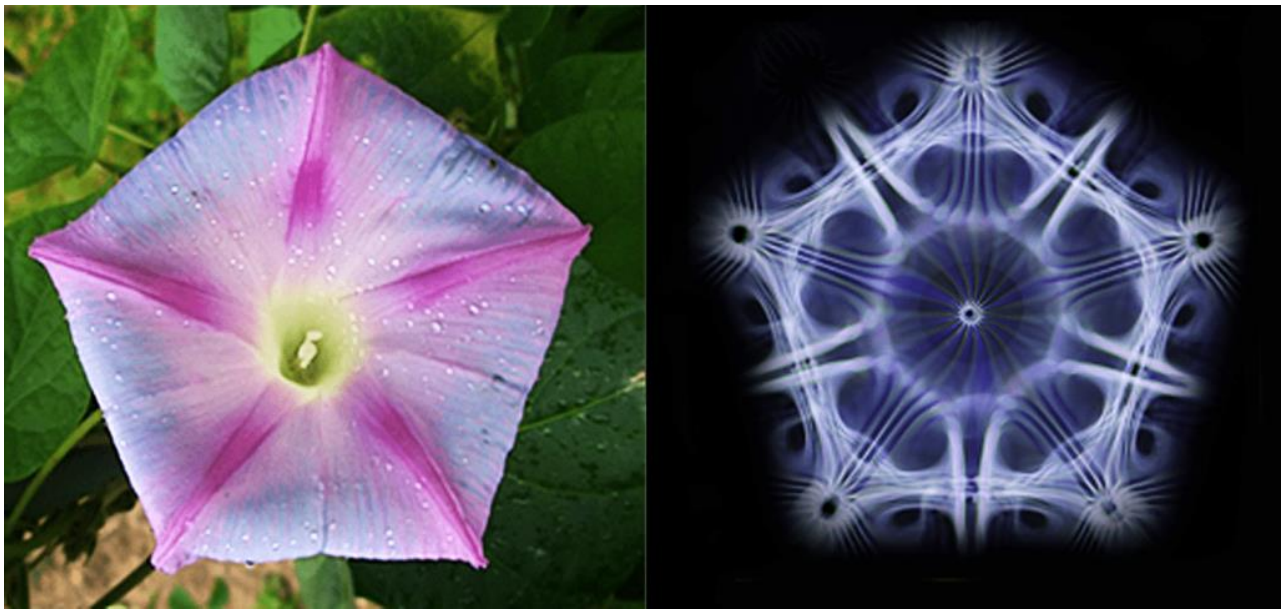

Figura 16. A la izquierda una Campanula. A la derecha una figura cimática pentagonal. Fuente: https://cymascope.com/

También podría ser de aplicación en educación, con instalaciones que invitasen a las futuras generaciones a jugar y experimentar con el sonido y la imagen. Sin embargo, un campo en el que, sin duda, destaca la cimática, es el arte en cualquiera de sus expresiones.

Aquí cabe mencionar al fotógrafo e investigador alemán Alexander Lauterwasser, que basa su trabajo en el de Chladni y Jenny. Su trabajo consiste en fotografiar la superficie del agua cuando por ella discurre distintas ondas sonoras, entre ellas, ondas generadas por música clásica. Todas estas fotografías están recogidas en su libro de 2002 «Wasser Klang Bilder» (Imágenes de sonido de agua) estableció nuevos estándares en las imágenes cimáticas. Otros artistas se han inspirado en él para realizar complejas obras de arte:

Figura 17. Nota Do sostenido (C#, 34Hz). Fuente: Journey.of.Curiosity

Por otro lado, Grace Digney imprime firmas sonoras explotando el Eidofono de Margaret Watts Hughes. Pero, sin duda, la cimática permite su uso en modernas instalaciones y en arquitectura. como la instalación Kymat: consiste en una instalación con música y plantas que aprovecha la cimática para que puedan observarse los patrones de sonido generados. Aquí una muestra:

https://www.youtube.com/watch?v=7umB-DJeYKQ

Video 2. Kymat

Finalmente, uniendo arte y música, el pianista escocés Thomas Mitchell y su hijo Stuart descifraron una columna de la capilla Rosslyn, cerca de Edimburgo, famosa por sus lujosas tallas y su asociación con los Caballeros Templarios. Esta capilla contenía un misterio en forma de cuatro secciones de arcos que contenían diseños tallados en las caras de 215 cubos rectilíneos. Se percataron de que los patrones geométricos, hasta entonces de significado desconocido, tenían cierta semejanza con las figuras de Chladni. Barajaron la idea de que los cubos escondieran una partitura codificada, por lo que decidieron ponerse manos a la obra para descifrarla, lo que dio lugar a una melodía que denominaron «El motete de Rosslyn». A continuación, se incluye un video del proceso, con la melodía resultante como fondo.

https://youtu.be/1yaqUI4b974

Video 3. «El motete de Rosslyn»

No cabe duda de que la cimática es un campo aún por explotar en su totalidad, por lo que las próximas décadas son decisivas para el desarrollo en aplicaciones de esta ciencia, para aquellos a los que les gusta explorar la naturaleza y tratar de encontrar y descubrir datos escondidos en ella.